تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری برای انتخاب یک نیروگاه اجرایی از منابع انرژی تجدیدپذیر

جواد طریقی[۱]

[۱]استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، Tarighi@uma.ac.ir

چکیده

انرژی، یکی از جنبه‌های اساسی زندگی ماست. با گذشت زمان، نیاز به انرژی مطابق با پیشرفت‌های فنّاورانه و نیازهای انسان افزایش می‌یابد. بنابراین، قبل از اینکه مشکلاتی به وجود بیاید باید احتیاط‌هایی صورت بگیرد. به‌صورت موازی با مصرف انرژی، آلودگی محیط زیست و اثر گلخانه‌ای در اتمسفر ما نیز به‌سرعت در حال افزایش است. به‌عنوان یک راه حل، تغییر به منابع انرژی تجدید پذیر و پاک در سراسر جهان در حال وقوع است. مطالعات بسیاری برای پاسخ به این سؤال وجود دارد که منابع انرژی تجدید پذیر باید استفاده شود. انواع معیار تصمیم‌گیری(MCDM) تکنیک‌های پاسخ به این سؤال برای ترکیه و دیگر کشورها به کار گرفته شد که در این مقاله به‌صورت موردی تحقیقی که در ترکیه انجام گرفته شده است پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، الگوریتم، محیط زیست، نیروگاه

Analysis and decision making for the selection of an executive power plant from renewable energy sources

Javad Tarighi

Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, university of Mohaghegh Ardabili, Tarighi@uma.ac.ir

ABSTRACT

Energy is one of the fundamental aspects of our life. With each passing time, the need for energy increases in line with technological advances and human needs. Therefore, before any problems are encountered, some care must be taken. In parallel with energy consumption, environmental pollution and the greenhouse effect in our atmosphere are also increasing rapidly. As a solution, the shift to clean and renewable energy sources is taking place around the world. There are many studies to answer the question that renewable energy sources should be used. Types of Decision Criteria (MCDM), the techniques for answering this question were used for Turkey and other countries. In this article, a case study of Turkey has been carried out.

Keywords: Renewable Energies, Algorithm, Environment, Power Plant

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۱- جواد طریقی، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه مهندسی بیوسیستم، Tarighi@uma.ac.ir، ۰۹۱۴۸۰۶۵۱۳۱

۱- مقدمه

ترکیه، کشوری در حال توسعه است که با تقاضای انرژی به‌طور مداوم در حال رشد، روبه رو شده است. همچنین تولید انرژی این کشور بر اساس منابع فسیلی هست، که پایدار نیست و وابسته به منابع خارجی نیز است. این واقعیت که بخش اعظم کسری تجارت خارجی ترکیه به سبب واردات انرژی است پیامدهای اقتصادی و استراتژیکی دارد. تنگنا انرژی در سال ۲۰۰۷ اخطار برای راهبردهای آینده ترکیه بود. تأمین انرژی برابر با عرضه و تقاضا در سال ۲۰۰۷ به خاطر بحران جهانی اجتناب شد. ترکیه به سرعت نیاز به سرمایه‌گذاری در منابع مختلف انرژی و پاسخگویی به تقاضای رو به رشد انرژی دارد. به‌منظور دستیابی به این هدف، این کشور باید سرمایه‌گذاری خارجی در فن‌آوری انرژی‌های تجدید پذیر، و همچنین منابع انرژی تجدید پذیر خود داشته باشد. بر این اساس طرح راهبردی وزارت انرژی و منابع طبیعی در سال ۲۰۱۰-۲۰۱۴، افزایش میزان تولید انرژی‌های تجدید پذیر از نظر تولید برق حداقل ۳۰٪ در سال ۲۰۲۳ برنامه ریزی شده است .در پایان سال ۲۰۰۹، انرژی باد حدود ۸۰۳ مگاوات بوده است، و سطح انرژی زمین گرمایی حدود ۷۸ مگاوات بوده است. اتمام ۵۰۰۰ مگاوات نیروگاه‌های برق آبی تا پایان ۲۰۱۳ انتظار می‌رود. تا سال ۲۰۱۵، انرژی بادی نصب شده ۱۰۰۰۰ مگاوات افزایش خواهد یافت، و انرژی زمین گرمایی به ۳۰۰ مگاوات افزایش پیدا می‌کند. مجموع توان (انرژی) نصب شده در ترکیه ۴۴۷۶۷ مگاوات است. ۲۹۳۳۳ مگاوات از انرژی حرارتی، ۱۴۵۵۳مگاوات از انرژی برق آبی ، ۸۰۳ مگاوات از انرژی باد ، ۷۸ مگاوات از انرژی زمین گرمایی به دست آمده است.

۲- بخش مواد و روش‌ها

بیش از یک معیار در تصمیم‌گیری برای حل مشکلات مختلف اقتصادی، صنعتی، مالی و سیاسی باید در نظر گرفته شود. هیچ کس اقدام به خرید یک خودرو تنها بر اساس قیمت نمی‌کند. معیارهای مختلف مانند راحتی، با کیفیت بودن قطعات یدکی، اعتبار و عملکرد نیز باید در نظر گرفته شود. با این حال، ارزش از این معیارها اختصاص داده از فردی به فرد دیگر متفاوت است. بسیاری از روش‌های تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین جایگزین در انطباق با معیارهای تعیین شده در سال‌های اخیر توسعه داده شد. یک روش معیارهای اولویت‌بندی های متعدد توسط ژان پی یر برانس در سال ۱۹۸۲ توسعه یافته است.

الگوریتم روش PROMETHEE برای انتخاب و رتبه‌بندی مشکلاتی که متشکل از معیارهای بسیاری هستند، استفاده شد. روشPROMETHEE به عنوان یکی از مؤثرترین و ساده‌ترین روش در حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیار شناخته شده است. همچنین، روش ROMETHEE I و PROMETHEE II در روشPROMETHEE توسعه داده شد. که این امکان برای تعیین اولویت‌های جزئی بین جایگزین‌های بر اساس معیارهای تعیین شده با استفاده از PROMETHEE I و برای تعیین اولویت‌های صریح و روشن بر اساس معیارهای تعیین شده با استفاده از روش PROMETHEE II فراهم شده است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

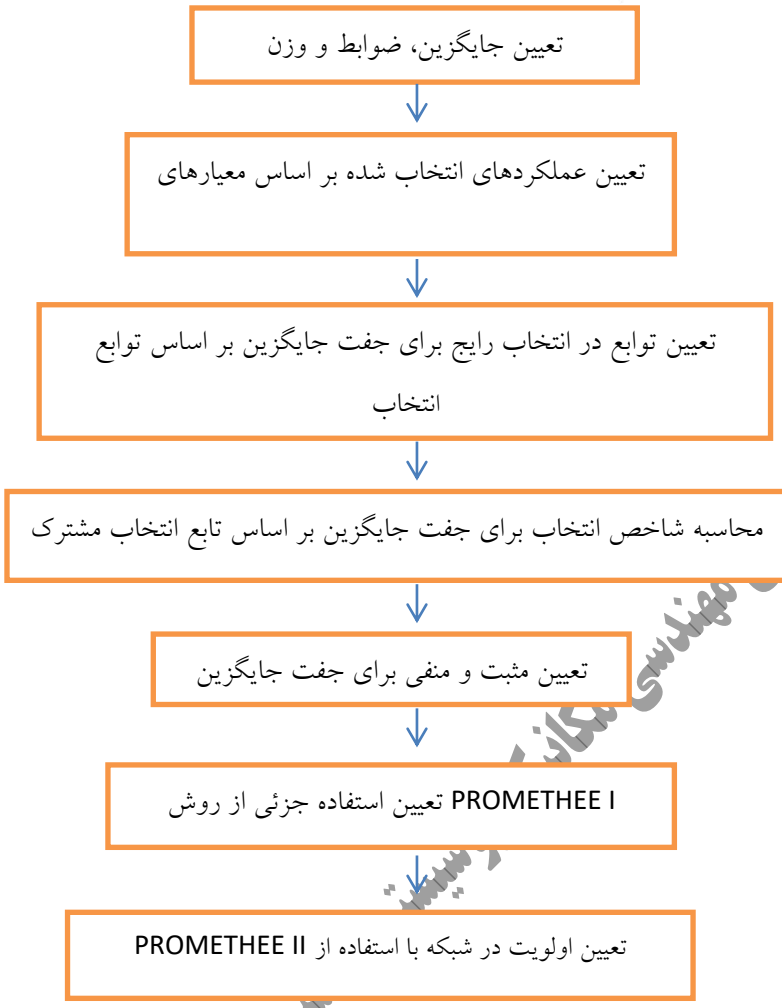

Figure 1. The Processing method of PROMETHEE.

شکل ۱- روش پردازش PROMETHEE

پس از اینکه مشکل تعریف شد و جایگزین، معیارها و وزن (سنگینی) این مشکل تعیین می‌شود، برنامه از مراحل روش PROMETHEE می‌تواند آغاز شود . روش PROMETHEE شامل۷ مرحله است:

مرحله ۱ : تعیین جایگزین‌ها، معیارها، وزن معیارها و ارزش‌های جایگزین‌ها با توجه به ضوابط آن‌ها به‌عنوان یک جدول در یک ماتریس اطلاعات جمع آوری شده می‌شود.

ماتریس داده A از طریق روش نشان داده شده در جدول ۱ نشان داده شده، با توجه به جایگزین‌ها A= (a,b,c) ارزیابی شده توسط معیار c=(f1,f2,…,fk) با وزن w=(w1,w2,…,wk)

جدول ۱- ماتریس داده ها.

Table 1. Data matrix.

Criteria	a	b	c	…	w
f_1	$f_1(a)$	$f_1(b)$	$f_1(c)$	…	w_1
f_2	$f_2(a)$	$f_2(b)$	$f_2(c)$	…	w_2
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
f_k	$f_k(a)$	$f_k(b)$	$f_k(c)$	…	w_k

مرحله ۲: انتخاب توابع برای معیارهای تعیین شده

توابع انتخاب باید مطابق با ساختار معیارها باشند. توابع مربوطه در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

جدول ۲-معادلات انتخابی.

Table 2. Selective equations.

	Function	Parameter
Type One (Classic)	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le 0\\ 1 & d>0\end{cases}$	–
Type Two (U Type)	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le q\\ 1 & d>q\end{cases}$	q
Type Three (V Type)	$P(d)\begin{cases}0 & d\le 0\\ \frac{d}{p} & 0<d\le p\\ 1 & d>p\end{cases}$	p
Type Four (Level)	$P(d)\begin{cases}0 & d\le q\\ \frac{1}{2} & q<d\le p\\ 1 & d>p\end{cases}$	p, q
Type Five (Linear)	$P(d)\begin{cases}0 & d\le p\\ \frac{d-q}{p-q} & q<d\le p\\ 1 & d>p\end{cases}$	p, q
Type Six (Gaussian)	$P(d)=\begin{cases}0 & d\le 0\\ 1-e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d>0\end{cases}$	s

مرحله ۳ : توابع انتخاب شده متداول برای جفت جایگزین تعیین می‌شود.

مجموعه جایگزین‌ها بر اساس توابع انتخاب شده برای ارزیابی تعیین می‌شود. نمایش شماتیک توابع انتخاب شده رایج تعیین شده برای جایگزین‌ها در شکل ۲ داده شده است.

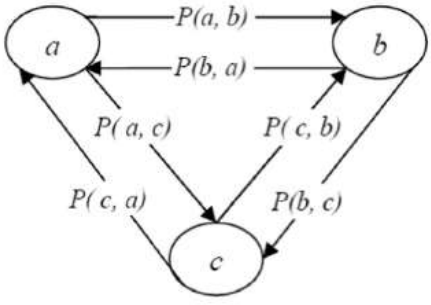

Figure 2. Schematic representation of the selected equations

شکل ۲- شماتیک ارائه شده از معادلات انتخابی

تابع‌های انتخاب شده برای جایگزین a و b ا که از طریق روابط (1)، (2) و (3) تعیین می‌شود.

$$P(a,b)=\begin{cases}0, & f(a)\le f(b)\\ P[f(a),f(b)], & f(a)>f(b)\end{cases} \quad (1)$$

$$p[f(a),f(b)]=p(x) \quad (2)$$

$$p[x]=f(a)-f(b) \quad (3)$$

مرحله ۴: شاخص‌های انتخاب برای هر جایگزین بر اساس توابع انتخاب شده رایج تعیین می‌شود.

شاخص انتخاب جایگزین‌ها a و b ارزیابی شده توسط معیارهای C با وزن Wi ،(...، ۲،۱) =i در مجموعه جایگزین با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود .

$$\pi(a,b)=\frac{\sum_{i=1}^{k} w_i x P_i(a,b)}{\sum_{i=1}^{k} w_i} \quad (4)$$

مرحله ۵ : مثبت (+ Φ) و منفی (-Φ) فرارتبه بودن جریان‌ها برای جایگزین‌ها را تعیین می‌کند.

جریان‌های برتر را با مثبت و منفی برای یک جایگزین در مجموعه‌ای جایگزین به‌طور شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است.

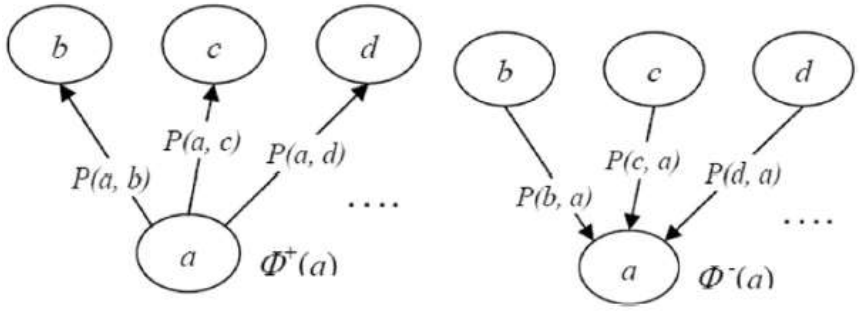

Figure 3. Positive and Negative Progressive Currents Calculated for Alternative.

شکل ۳- جریان‌های پیشروی مثبت و منفی محاسبه شده برای جایگزین.

جریان فرارتبه مثبت در رابطه و منفی در رابطه زیر محاسبه شده است.

$$\Phi^{+}(a)=\sum \pi(a,x)x=(b,c,d,\ldots) \quad (5)$$

$$\Phi^{-}(a)=\sum \pi(a,x)x=(b,c,d,\ldots) \quad (6)$$

مرحله ۶ :اولویت جزئی توسط PROMETHEE I تعیین می‌شود.

جایگزین‌ها aو b دو گزینه در مجموعه‌ای جایگزین هستند، در موارد زیر جایگزین A نسبت به B جایگزین رایج‌تر است.

$$\Phi^{+}(a)>\Phi^{+}(b) \text{ and } \Phi^{-}(a)<\Phi^{-}(b) \quad (7)$$

$$\Phi^{+}(a)>\Phi^{+}(b) \text{ and } \Phi^{-}(a)=\Phi^{-}(b) \quad (8)$$

$$\Phi^{+}(a)=\Phi^{+}(b) \text{ and } \Phi^{-}(a)<\Phi^{-}(b) \quad (9)$$

جایگزین A با جایگزین B یکسان است.

$$\Phi^{+}(a) = \Phi^{+}(b) and \Phi^{-}(a) = \Phi^{-}(b) \qquad (10)$$

در موارد زیر جایگزین A با جایگزین B نباید مقایسه شود.

$$\Phi^{+}(a) > \Phi^{+}(b) and \Phi^{-}(a) > \Phi^{-}(b) \qquad (11)$$

$$\Phi^{+}(a) < \Phi^{+}(b) and \Phi^{-}(a) < \Phi^{-}(b) \qquad (12)$$

مرحله ۷ :اولویت‌ها خالص بر اساس رابطه زیر از طریق PROMETHEE II محاسبه می‌شود.

$$\Phi(a) = \Phi^{+}(a) - \Phi^{-}(a) \qquad (13)$$

در حالی که a و b دو گزینه در مجموعه جایگزین هستند، تصمیمات زیر بر اساس ارزش اولویت خالص محاسبه شده است.

$$\text{If } \Phi(a) > \Phi(b)$$

$$\text{If } \Phi(a) = \Phi(b)$$

در این مطالعه، وضعیت فعلی منابع انرژی تجدید پذیر با استفاده از روش تجزیه و تحلیل SWOT توضیح داده شده است.معیارها با استفاده از اطلاعات به دست آمده به عنوان یک نتیجه از این مطالعه است. تمام پتانسیل و ارزش‌های موجود که می‌تواند برای یک نیروگاه در حال اجرا در یک منبع انرژی تجدید پذیر در نظر گرفته شود تعیین شده است.

۳- نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل SWOT ابزاری کارآمد برای شناسایی شرایط محیطی و توانایی های درونی سازمان است. پایه و اساس این ابزار کارآمد در مدیریت استراتژیک و همین طور بازاریابی، شناخت محیط پیرامونی سازمان است. حروف SWOT که آن را به شکل‌های دیگر مثل TOWS هم می‌نویسند، ابتدای کلمات Strength به معنای قوت ، Weakness به معنای ضعف، Opportunity به معنای فرصت و Threat به معنای تهدید است. ماهیت قوت و ضعف به درون سازمان مربوط می‌شود و فرصت و تهدید معمولاً محیطی است. پنج جایگزین برای نیروگاه‌های اجرایی بر روی منابع انرژی تجدید پذیر بررسی شد .این نیروگاه به شرح زیر است:

* انرژی باد
* نیروی هیدروالکتریک
* نیروی خورشیدی
* انرژی زیست توده
* انرژی زمین گرمایی

در نتیجه این بررسی ، پیشنهادهایی در مورد منابع انرژی ترکیه که باید بر روی آن سرمایه گذاری شود ارائه شد، که بستگی به محیط زیست، و سیاست‌های اقتصادی برای برنامه‌ریزی انرژی در آینده دارد و با توجه به انتخاب منابع انرژی ساخته شد.

در این مطالعه، پتانسیل فنی، اقتصادی و طبیعی در مورد منابع تجدید پذیر ترکیه مورد بررسی قرار گرفت، نقاط ضعف و قوت ترکیه از نظر انرژی‌های تجدید پذیر ارزیابی شد و فرصت‌ها و تهدیدهای ترکیه از نظر منابع انرژی تجدید پذیر بررسی شد. بنابراین، ممکن است در یک مقایسه با روش PROMETHEE به‌منظور تشکیل اساس سیاست‌های انرژی تجدید پذیر آینده ترکیه عینی‌تر باشد.

هنگامی که پتانسیل منابع انرژی تجدید پذیر کل ترکیه تجزیه و تحلیل شد، می‌توان مشاهده کرد که مقدار احتمالی بر روی تنها یک منبع انرژی بستگی ندارد. طوری که ترکیه غنی از نظر خورشیدی 38٪ و انرژی زیست توده 38٪، برق آبی 17٪، زمین گرمایی 3٪ و انرژی باد 4٪ است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

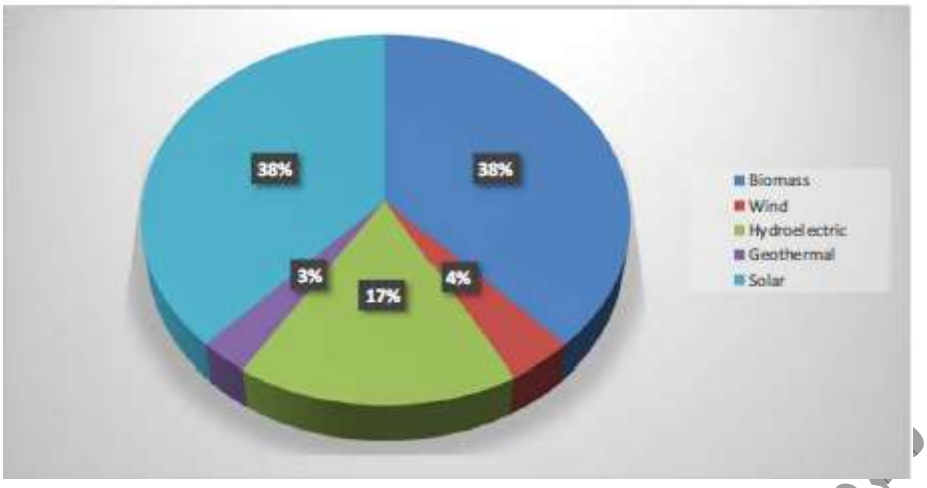

Figure 3. Distribution of Economic Potential for Turkey's Renewable Energy Sources.

شکل ۳- توزیع پتانسیل اقتصادی در مورد منابع انرژی تجدید پذیر ترکیه.

۳-۱- نقاط قوت

* پتانسیل بالای منابع انرژی تجدید پذیر
* وجود انواع منابع انرژی تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی، باد، زمین گرمایی، و غیره
* پراکندگی جغرافیایی مواد قابل بازیافت
* ذخایر ناکافی نفت و گاز طبیعی
* کار با هدف قرار دادن آزادسازی بازار انرژی
* یک قانون قابل اجرا برای استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر وجود دارد
* علاقه بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری انرژی‌های تجدید پذیر
* نسبت خوبی از نیروی کار و جمعیت جوان
* تلاش نهادها و سازمان‌های رسمی، علمی به سمت توسعه انرژی‌های تجدید پذیر
* حساسیت رسانه‌ها در انرژی‌های تجدید پذیر
* تمایل ملت ترک به اتخاذ فن‌آوری‌های جدید

۳-۲- نقاط ضعف

* بی ثباتی در سیاست انرژی
* سیاست‌های ناکافی انرژی تجدید پذیر
* عدم پیش‌بینی آینده در مورد استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر
* ناتوانی مالی (انگیزه کافی، امنیت ملی، صرفه‌جویی و غیره)
* کمبود مقررات قانونی و اداری
* ساختار پیچیده‌ای از پروسه‌های اداری و بار پردازش کند
* مشکلات بودجه‌ای هیات تحقیق و توسعه
* عدم همکاری بین نهادها و سازمان‌های مرتبط
* آموزش فنی و حرفه‌ای ناکافی

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۳-۳- فرصت‌ها

* افزایش سریع دمای جهانی
* نگرانی رو به رشد در مورد آلودگی محیط زیست
* دوره ملحق شدن ترکیه به اتحادیه اروپا
* افزایش سرمایه‌گذاری خارجی در سال گذشته
* موقعیت جغرافیایی ترکیه دام صادرات انرژی تولید شده توسط منابع تجدیدپذیر به کشورهای دیگر در منطقه

۳-۴- تهدیدها

* بی ثباتی‌های اخیر اقتصادی و سیاسی در کشور
* صلح متحجر و ثبات در منطقه
* افزایش سریع در قیمت بین‌المللی انرژی باعث تورم بر قیمت کالاها و خدمات
* مشکلات اخیر در بازارهای مالی جهانی (مشکلات پرداخت وام و غیره)
* عدم وجود ساختارهای اقتصادی و سیاسی مستقل به‌منظور استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر

۳-۵- معیارهای فن‌آوری

* صرفه‌جویی در انرژی اولیه
* بلوغ فن‌آوری

۳-۶- معیارهای زیست محیطی

* انتشار دی‌اکسید کربن: برای این معیار، ارزش انتشار CO_2 از منابع انرژی تجدید پذیر در شرایط گرم مورد بررسی قرار گرفت. هنگامی که نوسان دی اکسید کربن بیش از حد بالا است، محیط زیست صدمه می‌بیند و این امر منجر به گرم شدن کره زمین می‌شود. بنابراین، مقدار انتشار دی اکسید کربن از گزینه‌هایی است که انتظار می رود حداقل باشد.
* سایر گازهای گلخانه‌ای
* سایر اثرات زیست محیطی

تمام داده ها در راستای معیارهای از قبیل نوع نیروگاه اجرایی از منابع انرژی تجدید پذیر جمع‌آوری شد، توابع انتخاب معیارها و پارامترهای تابع انتخاب در PROMETHEE به منظور انجام محاسبات وارد شدند. انجام تجزیه و تحلیل چند معیارِ و تصمیم‌گیری بر اساس روش PROMETHEE در محاسبه انجام شده، مثبت (Φ +) و منفی (Φ-) جریان فرارتبه و جریان خالص فرارتبه (Φ) به دست آمده در جدول ۴ نمایش داده شد.

جدول ۴- سوپر ماتریکس منفی و مثبت.

Table 4. Negative and positive super matrix.

	Phi+	Phi-	Phi
SOLAR	0,2959	0,2617	0,0342
WIND	0,2599	0,2744	-0,0145
HYDROELECTRICITY	0,3659	0,2906	0,0754
GEOTHERMAL	0,1905	0,2437	-0,0532
BIOMASS	0,2234	0,2652	-0,0418

بالاترین مقدار Φ متعلق به نیروگاه برق آبی در حال اجرا به موازات این ارزیابی بود، یک نیروگاه برق آبی در حال اجرا در بهترین گزینه است،

به دنبال انرژی خورشیدی، باد، زیست توده و در نهایت زمین گرمایی است.

هنگامی که نظر معیارهای فن‌آوری ارزیابی شدند، دوباره نیروگاه‌های فوق دارای بالاترین ارزش بودند و بعد از آن به ترتیب انرژی باد، خورشیدی، زمین گرمایی و زیست توده بودند. ارزش نهایی و رتبه بندی در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- نتایج به لحاظ معیارهای فنی.

Table 5. Results in terms of technical criteria.

	Input	Output	O/I ratio	Score
SOLAR	0,0413	0,0413	1,0861	9,87
WIND	0,0755	0,0755	1,1634	10,58
HYDROELECTRICITY	0,8333	0,8333	11,0000	100,00
GEOTHERMAL	-0,4706	-0,4706	0,3600	3,27
BIOMASS	-0,4795	-0,4795	0,3518	3,20

زمانی که از نظر معیارهای زیست محیطی ارزیابی شد، بهترین نوع انرژی یک نیروگاه اجرای در انرژی زمین گرمایی است. به دنبال آن به ترتیب باد، آبی، برق، انرژی خورشیدی و زیست توده بودند. ارزش نهایی و رتبه بندی در جدول ۶ نشان داده شده است. زمانی که از نظر معیارهای جامعه شناختی مورد بررسی قرار گرفت، بالاترین ارزش متعلق به نیروگاه انرژی خورشیدی که در جدول ۷ دیده می‌شود. و به دنبال آن زیست توده، زمین گرمایی، باد و برق آبی است.

جدول۶- نتایج از نظر معیارهای زیست محیطی.

Table 6. Results in terms of environmental criteria.

	Input	Output	O/I ratio	Score
SOLAR	-0,2566	-0,2566	0,5915	26,46
WIND	0,1317	0,1317	1,3033	58,30
HYDROELECTRICITY	0,0731	0,0731	1,1577	51,79
GEOTHERMAL	0,3818	0,3818	2,2354	100,00
BIOMASS	-0,3300	-0,3300	0,5038	22,54

جدول۷- نتایج از نظر معیارهای جامعه شناختی.

Table 7. Results in terms of sociological criteria.

	Input	Output	O/I ratio	Score
SOLAR	0,4918	0,4918	2,9353	100,00
WIND	-0,2329	-0,2329	0,6222	21,20
HYDROELECTRICITY	-0,4951	-0,4951	0,3377	11,51
GEOTHERMAL	0,0493	0,0493	1,1038	37,60
BIOMASS	0,1868	0,1868	1,4595	49,72

هنگامی که تنها از نظر معیارهای اقتصادی ارزیابی شد، بهترین نوع انرژی برای نیروگاه انرژی زیست توده است که در جدول ۸ دیده می شود. به دنبال آن انرژی خورشیدی، باد، زمین گرمایی و برق آبی است.

جدول ۸- نتایج بر اساس معیارهای اقتصادی

Table 8. Results based on economic criteria.

	Input	Output	O/I ratio	Score
SOLAR	0,0270	0,0270	1,0554	45,02
WIND	-0,0669	-0,0669	0,8746	37,31
HYDROELECTRICITY	-0,2575	-0,2575	0,5905	25,19
GEOTHERMAL	-0,1045	-0,1045	0,8107	34,58
BIOMASS	0,4020	0,4020	2,3442	100,00

بسیاری از معیارهای به منظور پاسخ به این سؤال مورد بررسی قرار گرفت، "کدام نوع نیروگاه برای اجرا از منابع انرژی تجدید پذیر بهترین گزینه است برای ترکیه؟ "در حالی که برق آبی مقام اول را با توجه به نتایج به دست آمده از طریق روش PROMETHEE، که نتایج به دست آمده با استفاده از ارزیابی‌های مختلف تک تک معیار است، نیز قابل توجه است. مجموع نمرات عملکرد برای انواع انرژی‌های تجدید پذیر با استفاده

از تجزیه و تحلیل PROMETHEE به دست آمد که در جدول ۹ نشان داده شده، که برای هر نوع انرژی مزایا و معایب دیده می‌شود.

جدول ۹- عملکرد نمرات جمع‌آوری شده از روش PROMETHEE.

Table 9. The performance scores collected from the PROMETHEE method.

	Economic	Sociological	Environmental	Technical
Solar	45,02	100	26,46	9,87
Wind	37,31	21,20	58,30	10,58
Hydroelectric	25,19	11,51	51,79	100
Geothermal	34,58	37,60	100	3,27
Biomass	100	49,72	22,54	3,20

برق آبی مقام اول را با توجه به نتایج کلی به دست آورد و به دنبال آن انرژی خورشیدی، باد، زیست توده و در نهایت زمین گرمایی اولویت بندی شدند.

۴- مراجع

1. Brans JP, 2000. Mareschal B. How to decide with PROMETHEE. Syst Sc, pp: 1–5.
2. Brans JP, Vincke Ph.1985. A preference ranking organization method: the PROMETHEE method for MCDM [June]. Manag Sci, Manag Sci, 31(6):647–56.
3. Energy report 2010, World Energy Council Turkish National Committee, Ankara, Turkey.
4. Kaya D. 2006. Comparing the potential and the environmental impacts of renewable energy sources in Turkey, TUBITAK Marmara. Turkey: Research Center.
5. Onut S, Tuzkaya UR, Saadet N.2008. Multiple criteria evaluation of current energy sources for Turkish manufacturing industry. Energy Conversat Manag, 49(6):1480–92.
6. Özkale C., Celik Ch., Turkme J. and Sena Cakmaz A., 2016. Decision analysis application intended for selection of a power plant running on renewable energy sources. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews
7. Pavic I, Babic Z. 1991. The use of the PROMETHEE method in the location choice of a production system, International [October]. J Prod Econ, 23(Issues 1–3):165–74.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران